

BAB II

KAJIAN PUSTAKA

2.1. Pendahuluan

Setiap kontraktor yang menangani suatu proyek konstruksi tidak ada yang ingin mengalami keterlambatan, hal ini akan berpengaruh terhadap kredibilitasnya terhadap kompetensi dunia jasa konstruksi. Segala upaya akan dilakukan untuk meminimalisir kemungkinan-kemungkinan bagian pekerjaan yang akan menimbulkan suatu keterlambatan. Untuk itu, perlu adanya koordinasi yang jelas dan baik untuk mengoptimalkan progress proyek tersebut.

2.2. Keterlambatan suatu proyek

Keterlambatan suatu proyek disebabkan oleh beberapa faktor, yaitu:³⁰

1. Pekerjaan ekstra yang membutuhkan waktu lebih banyak

Dokumen untuk situasi ini adalah suatu perubahan perintah kerja, yang lazimnya membenarkan perpanjangan waktu maupun penggantian biaya ekstra untuk kontrak itu. Baik waktu maupun biaya diselesaikan pada saat permintaan diajukan, atau untuk mencegah terjadinya suatu kelalaian, kontraktor dapat memberikan pemberitahuan secara tertulis untuk mengajukan protesnya.

2. Keterlambatan yang disebabkan oleh pemilik atau wakilnya.

Bila pemilik atau wakilnya menyebabkan terjadinya suatu keterlambatan, katakan misalnya karena terlambatnya pemberian gambar kerja atau kelambatan dalam memberikan persetujuan terhadap gambar bengkel, maka kontraktor umumnya akan diperkenankan untuk mendapatkan perpanjangan waktu dan juga boleh mengajukan tuntutan yang sah untuk mendapatkan kompensasi ekstranya.

³⁰ Donald S Barrie, Boyd C. Paulson, Jr , *Manajemen konstruksi Profesional terj.* Ir. Sudinarto (Jakarta:Erlangga, 1990),hal.238

3. Keterlambatan oleh pihak ketiga yang diperkenankan

Seringkali terjadi suatu keterlambatan yang disebabkan oleh kekuatan yang berada diluar jangkauan pengendalian pihak pemilik atau kontraktor. Contoh yang umum tidak dipersoalkan lagi diantaranya adalah kebakaran, banjir, gempa bumi, dan hal-hal lainnya yang disebut sebagai "tindakan dari Tuhan Yang Maha Kuasa". Hal-hal lainnya yang seringkali menjadi masalah perselisihan meliputi pemogokan, embargo untuk pengangkutan, kecelakaan, dan keterlambatan dalam penyerahan material yang masuk akal. Yang tidak dapat dimasukkan dalam kondisi yang telah ada pada saat penawaran dilakukan, dan keadaan cuaca buruk yang normal. Dalam hal ini dapat disetujui, tipe keterlambatan dari tipe-tipe ini umumnya menghasilkan perpanjangan waktu namun tidak disertai dengan kompensasi tambahan.

4. Keterlambatan yang disebabkan oleh kontraktor

Keterlambatan semacam ini umumnya akan berakibat tidak diberikannya perpanjangan waktu dan tiadanya pemberian suatu kompensasi tambahan. Sesungguhnya, pada situasi yang ekstrem maka hal-hal ini dapat menyebabkan terputusnya ikatan kontrak

2.3. Pengaruh keterlambatan

Bila suatu proyek terdapat perubahan pekerjaan, maka akan berpengaruh terhadap³¹:

1. Biaya langsung

Semua beban tenaga kerja dan overhead, material kontrak dan sementara, peralatan konstruksi dan bahkan waktu-waktu pengawas dan staf yang secara jelas terkait pada pekerjaan yang dihubungkan dengan suatu perubahan atau keterlambatan adalah merupakan biaya langsung. Bila biaya ini telah didokumentasikan dengan baik, maka lazimnya tidaklah akan sulit untuk membenarkan hal itu dalam suatu tuntutan. Sikap hati-hati dan kewaspadaan harus kita utamakan untuk menghindari penyelesaian tuntutan seluruhnya pada tataran ini, sebelum terlebih dahulu mengadakan analisis terhadap kedua macam kategori berikut ini

³¹ Donald S Barrie, Boyd C. Paulson, Jr , *Manajemen konstruksi Profesional terj.* Ir. Sudinarto (Jakarta:Erlangga, 1990),hal.239

2. Perpanjangan waktu³²

Bila suatu perubahan dapat ditunjukkan memperlambat tanggal penyelesaian suatu proyek, maka para pihak yang terkait pada kontrak besar kemungkinannya akan mengadakan pengeluaran tambahan untuk biaya-umum yang berkenaan dengan memperkerjakan staf pendukung dan fasilitas untuk waktu ekstra ini. Keterlambatan ini secara serius juga dapat meningkatkan pembiayaan proyek dan biaya eskalasinya. Yang menjadi permasalahan dalam hal ini adalah untuk memeriksa sampai seberapa jauh suatu keterlambatan dalam fasilitas atau lebih akan mempengaruhi proyek secara keseluruhan. Dalam konsepsi, suatu keterlambatan dalam suatu aktifitas dari jaringan kerja CPM dapat diteruskan melalui aktifitas penyusulnya untuk menilai pengaruhnya. Bila dalam hal ini telah disediakan pengambangan yang cukup, maka dalam proyek ini tidak akan terjadi suatu keterlambatan apapun. Bila tidak demikian, maka banyaknya keterlambatan suatu proyek dapat dihitung secara langsung. Misalnya bagaimanakah bila kita harus menyelesaikan aktifitas yang disebut sebagai "mengalihkan/membelokkan sungai" sebelum masa banjir musim semi dimulai?. Bila berhasil, proyek itu dapat terus berlangsung seperti diperlihatkan dalam rencana. Tetapi suatu keterlambatan satu bulan dalam aktifitas ini dapat mengakibatkan suatu penumbangan bendungan pengelak yang telah diselesaikan secara sebagian serta kerugian dari pekerjaan selama satu tahun penuh. Meskipun demikian jaringan-kerja dan tipe lainnya dari alat-alat pengaruh dari perpanjangan waktu semacam ini.

3. Biaya dampak

Contoh terakhir secara tidak langsung telah mengantarkan kita ke bidang biaya dampak. Biaya ini termasuk diantara yang paling sulit untuk ditentukan, apalagi mengenai kuantitas, tetapi biaya ini sangat nyata dan dapat jauh melampaui lain-lainnya. Empat kategori yang semakin hari semakin diakui:

³² Donald S Barrie, Boyd C. Paulson, Jr , *Manajemen konstruksi Profesional terj.* Ir. Sudinarto (Jakarta:Erlangga, 1990),hal.239

a. Percepatan.³³

Percepatan, atau mempercepat suatu proyek, seringkali merupakan reaksi yang disengaja bila suatu keterlambatan dalam penyelesaian proyek tidak dapat diterima. Metoda dalam hal ini meliputi :

- Kerja bergilir
- Kerja lembur
- Penambahan regu kerja.

b. Irama pekerjaan.

Dampak dari irama kerja, khususnya cukup berat pada proyek yang mempunyai daur produksi yang berulang. Contoh, jika kita tinjau sebuah bangunan beton bertingkat tinggi dimana acuan layang dilompati dengan daur dari satu minggu. Kerugian satu hari dapat menyebabkan keterlambatan selama satu minggu: selama itu "moral" dan "kurva belajar" akan menderita kerugian. Situasi yang sama akan terjadi pada pekerjaan "bor dan ledak" untuk membuat terowongan, dimana waktu-waktu makan dan pergantian regu gilir tidak boleh dibiarkan terluang untuk menembak dan membuang asapnya.

c. Moral

Hubungan kerja antara moral dengan produksi sudah sangat dipahami dikalangan angkatan bersejata. Tetapi dalam bidang konstruksi faktor ini agaknya belum disadari benar. Kenyataannya adalah bahwa pekerja konstruksi dan para penyeliannya merasa bangga dengan prestasinya, seperti setiap orang lain baik dalam kuantitas pekerjaan maupun dalam keterampilan dan efisiensi profesionalnya. Perubahan yang terlampau besar jelas akan menimbulkan frustasi, dan rasa kebencian. Keraguan terhadap kemanfaatan atau ketegasan pekerjaan, sadar atau tidak, pasti akan mengurangi motivasi, memperlambat produksi dan meningkatkan biaya.

d. Kurva belajar .

Kurva belajar tidak akan terjadi secara otomatis, tetapi merupakan suatu hasil dari para penyelia dan pekerja yang telah bertekad untuk

³³ Donald S Barrie, Boyd C. Paulson, Jr , *Manajemen konstruksi Profesional terj.* Ir. Sudinarto (Jakarta:Erlangga, 1990),hal.240

tetap bertahan dengan pekerjaan yang selalu berulang dan yang selalu berusaha untuk mengerjakannya dengan lebih baik.

2.4. Biaya dan Waktu

Biaya dan waktu merupakan hal yang sangat terkait erat dengan proses konstruksi. Keberlangsungan suatu proses konstruksi ditentukan oleh biaya. Sedangkan waktu adalah batasan terhadap suatu proses konstruksi itu sendiri.

2.4.1. Biaya

Biaya adalah jumlah segala usaha dan pengeluaran yang dilakukan dalam mengembangkan, memproduksi dan mengimplementasikan produk. penghasil produk selalu memikirkan akibat dari adanya biaya terhadap kualitas, realibilitas, dan *maintainability* karena ini akan berpengaruh terhadap biaya bagi pemakai.

Biaya pengembangan merupakan komponen yang cukup besar dari total biaya. Sedangkan perhatian terhadap biaya produksi amat diperlukan karena sering mengandung sejumlah biaya yang tidak perlu (*unnecessary cost*)

Estimasi biaya untuk modal proyek terdiri dari dua komponen biaya utama, yaitu³⁴:

1. Biaya langsung (*direct cost*) adalah biaya dari semua peralatan lengkap, material, tenaga kerja dan sumber daya lain termasuk fabrikasi, pemasangan dan instalasi dari fasilitas tetap.
2. Biaya tidak langsung (*Indirect cost*) adalah semua biaya selain biaya langsung yang bukan menjadi bagian tetap dari fasilitas tetapi dibutuhkan untuk penyelesaian proyek. Hal ini termasuk manajemen konstruksi, biaya start up, fees, asuransi dan pajak.

³⁴ Humphreys, KK, *Jelen's cost and Optimization EGINEERING* (Singapore:Mc-Graw-Hill),hal.434

2.4.1.1. Biaya Langsung (*Direct Cost*)

Biaya langsung atau yang umum dikenal sebagai *direct cost* adalah biaya yang dapat diasosiasikan kepada satu macam kegiatan proyek (lihat *tabel 2.1.*). Biaya ini merupakan perkalian dua faktor, yaitu : faktor kuantitas (*quantity*) dan faktor harga satuan (*unit price/unit rate*)³⁵.

Quantity pekerjaan ditentukan dengan bermacam – macam satuan tergantung jenis pekerjaan dan kesepakatan cara menghitung, seperti misalnya : m, m², m³, ton, kg, buah, unit. Umumnya satuan – satuan tersebut telah ditetapkan dalam *Standard of Measurement*.³⁶



³⁵ Asiyanto, 2003, *Construction Project Cost Management*, Pradnya Paramita, Jakarta, hal : 63

³⁶ Asiyanto, 2003, *Construction Project Cost Management*, Pradnya Paramita, Jakarta, hal : 64

Tabel 2-1 Contoh Standart of Measurement³⁷

03200 Concrete Reinforcement

INFORMATION TO BE PROVIDED	MEASUREMENT RULES	DEFINITION RULES	COVERAGE RULES																														
P1 Kind and quality of materials	<p>M1 Reinforcement in tensioned work shall be identified separately</p> <p>M2 For measurement purposes, bar reinforcement will be calculated at the following weights per linear metre:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Diameter</th> <th>Kg/m</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>6mm</td><td>0.222</td></tr> <tr><td>8mm</td><td>0.395</td></tr> <tr><td>10mm</td><td>0.616</td></tr> <tr><td>12mm</td><td>0.888</td></tr> <tr><td>13mm</td><td>1.042</td></tr> <tr><td>16mm</td><td>1.579</td></tr> <tr><td>19mm</td><td>2.466</td></tr> <tr><td>25mm</td><td>3.854</td></tr> <tr><td>28mm</td><td>4.833</td></tr> <tr><td>32mm</td><td>6.313</td></tr> <tr><td>36mm</td><td>7.991</td></tr> <tr><td>40mm</td><td>9.864</td></tr> <tr><td>44mm</td><td>11.926</td></tr> <tr><td>56mm</td><td>19.318</td></tr> </tbody> </table> <p>M3 Bar reinforcement is to be grouped by diameter stating the element of the structure in which it is embedded</p> <p>M4 Bars in cast in place lintels, bond beams and practical columns in masonry walls are measured in accordance with the rules of Section 04200 - Masonry</p> <p>M5 Curved and helical bars shall be identified separately</p> <p>M6 Bars greater than 12m in length shall be identified separately</p>	Diameter	Kg/m	6mm	0.222	8mm	0.395	10mm	0.616	12mm	0.888	13mm	1.042	16mm	1.579	19mm	2.466	25mm	3.854	28mm	4.833	32mm	6.313	36mm	7.991	40mm	9.864	44mm	11.926	56mm	19.318		<p>C1 The following are held to be included:</p> <p>(a) tying wire</p> <p>(b) special joints where designed by the contractor</p> <p>(c) cutting and bending</p> <p>(d) additional reinforcement around holes for pipes and around openings < 1.00m² in area</p> <p>(e) provision of test certificates and reinforcement for testing</p>
Diameter	Kg/m																																
6mm	0.222																																
8mm	0.395																																
10mm	0.616																																
12mm	0.888																																
13mm	1.042																																
16mm	1.579																																
19mm	2.466																																
25mm	3.854																																
28mm	4.833																																
32mm	6.313																																
36mm	7.991																																
40mm	9.864																																
44mm	11.926																																
56mm	19.318																																

³⁷ Contract Booklet THE CAPITAL RESIDENCE PACKAGE 03 Volume 1

Berbeda dengan *quantity* dimana dalam perhitungannya aspek teknis lebih menonjol, pada perhitungan *unit price* ada satu tambahan aspek penting lainnya yaitu bisnis. Sehingga *unit price* sangat tergantung strategi kontraktor dalam menghadapi persaingan dan dalam upaya memperoleh keuntungan yang lebih baik. *Unit price* sulit untuk distandarkan, walaupun harga pasar terkadang distandarkan untuk jangka waktu tertentu, dan untuk lokasi tertentu. Sehingga harga konstruksi relatif tetap, tetapi biaya yang dikeluarkan untuk proses konstruksi bersifat fluktuatif tergantung banyak faktor yang mempengaruhi. Hal tersebut dapat ditunjukkan dengan adanya perbedaan – perbedaan dari *unit price* yang diajukan kontraktor untuk pekerjaan yang sama.³⁸

Elemen biaya tidak langsung antara lain:

1. Biaya tenaga kerja

Biaya ini terbagi atas dua komponen, yaitu

- a. Gaji dasar (beragam dari jumlah jam kerja).jumlah yang dibayarkan langsung ke individu pekerja
- b. Labor burden termasuk pajak, asuransi, dan lain-lain. Tetapi bagian ini tidak selalu termasuk dalam elemen direct cost.

2. Biaya material

Biaya ini mencakup harga material atau bagian yang berhubungan dengan proyek. Pada beberapa kasus harus mendapatkan harga material dari manufaktur atau supplier. Kebanyakan kontraktor memasukan biaya pengiriman sebagai direct cost dan pajak sebagai bagian dari indirect cost.

3. Biaya Peralatan

Merupakan biaya dari alat yang digunakan kontraktor untuk melaksanakan kontrak dan bukan alat yang di pasang secara permanen sebagai bagian dari kontrak. Biaya peralatan dapat dihitung dalam berbagai cara, tergantung bagaimana kontraktor menyewa atau memiliki peralatan. Jika peralatan disewa, maka biaya terdiri dari biaya sewa dan biaya bahan bakar. Jika peralatan dimiliki kontraktor, maka biaya termasuk biaya kepemilikan (investasi, asuransi, depresiasi, dll). Biaya operator dari pengoperasian peralatan adalah termasuk direct labor cost.

³⁸ Asiyanto, 2003, *Construction Project Cost Management*, Pradnya Paramita, Jakarta, hal : 74

4. Biaya subkontrak

Biaya yang disediakan kepada sub-kontraktor untuk melaksanakan bagian khusus dari proyek yang tidak dilakukan sendiri oleh kontraktor utama.

2.4.1.2. Biaya tidak langsung (*Indirect Cost*)

Indirect Cost adalah biaya yang tidak dapat diasosiasikan dengan satu macam kegiatan proyek atau dapat juga didefinisikan sebagai biaya yang berhubungan dengan proyek secara keseluruhan. *Indirect Cost* yang terjadi di dalam lingkungan proyek memiliki dua karakteristik utama yaitu meningkat seiring dengan bertambahnya waktu dan peningkatannya cenderung *linear*. Yang termasuk dalam kategori ini secara umum adalah *overhead*, layanan listrik, layanan telepon, biaya kesekretariatan, peralatan yang basis permintaannya selama umur proyek, penerapan program K-3, supervisi pekerjaan, biaya yang muncul akibat klausula kontrak mengenai keterlambatan maupun bonus, dan lain sebagainya.³⁹

Indirect Cost yang terjadi diluar lingkungan proyek, seperti biaya – biaya dikantor pusat atau cabang tidak dikendalikan oleh proyek. Biaya ini dianggarkan sebagai cadangan untuk kontribusi proyek kepada perusahaan. Versi *owner* yang diterjemahkan oleh konsultan umumnya hanya menetapkan suatu persentase dari *direct cost* sejumlah angka yang dianggap mencukupi sehingga sifatnya menjadi standar. Tetapi versi kontraktor berbeda karena mengandung banyak pertimbangan yang lebih bersifat bisnis (keuntungan usaha). Artinya, *inderct cost* yang terjadi diluar proyek tidak standar tetapi tergantung situasi dan kondisi saat itu, baik internal maupun eksternal.⁴⁰

2.4.2 Waktu

Waktu pelaksanaan ditentukan oleh sumber daya seperti tenaga kerja, metode, material, dan alat. Empat sumber daya inilah yang menghubungkan waktu pelaksanaan dengan biaya yang dibutuhkan. Artinya bahwa untuk menghasilkan sebuah produk konstruksi dengan waktu tertentu dibutuhkan

³⁹ Harris, Robert B., 1978, *Precedence and Arrow Network Technique For Construction*, John Wiley & Sons, New York, Hal : 203

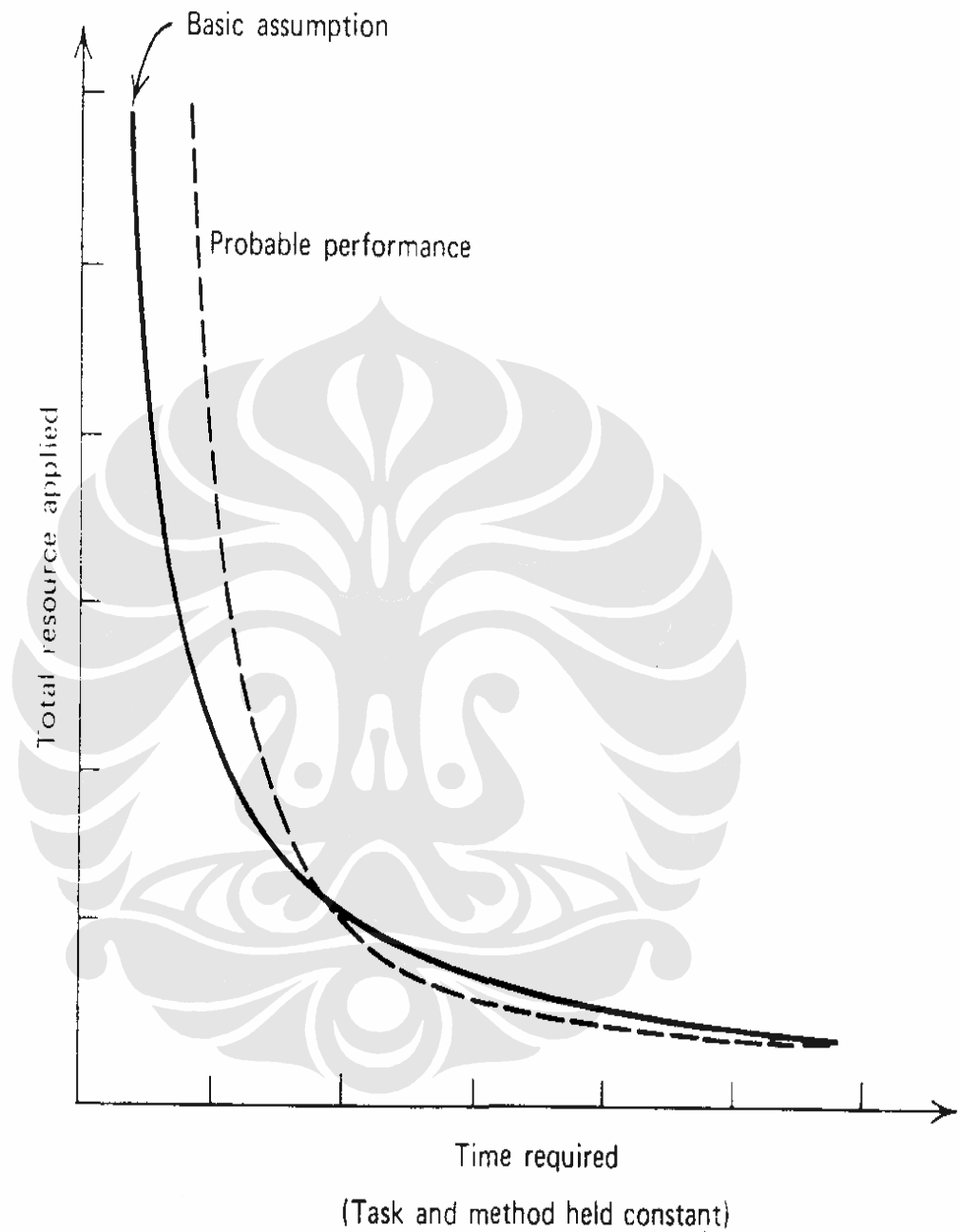
⁴⁰ Asiyanto, 2003, *Construction Project Cost Management*, Pradnya Paramita, Jakarta, hal : 74

sejumlah tenaga kerja, metode, material dan alat dengan biaya tertentu atau sebaliknya.

2.4.2.1 Konsep Hubungan Antara Waktu Dan Sumber Daya Pada Suatu Aktivitas⁴¹

Waktu suatu aktivitas atau durasi sangat dipengaruhi oleh metode pelaksanaan yang digunakan selain kuantitas dari pekerjaan tersebut. Ketika metode pelaksanaan telah disepakati maka selanjutnya dapat ditentukan sumber daya yang dibutuhkan untuk menyelesaikan sejumlah kuantitas pekerjaan. Hubungan antara total sumber daya yang digunakan dengan waktu yang dibutuhkan untuk menyelesaikan suatu aktivitas secara kualitatif dapat di ilustrasikan pada gambar 2.1. Gambar tersebut menggambarkan hubungan antara waktu dengan sumber daya yang digunakan dalam suatu proyek. Semakin cepat penyelesaian suatu proyek, maka sumber daya yang diperlukan semakin meningkat. Semakin lama penyelesaian suatu proyek sumber daya yang di perlukan semakin menurun.

⁴¹ Harris, Robert B., 1978, *Precedence and Arrow Network Technique For Construction*, John Wiley & Sons, New York, Hal : 190



Gambar 2.1 Hubungan Kualitatif Waktu dan Sumber Daya Pada Aktivitas⁴²

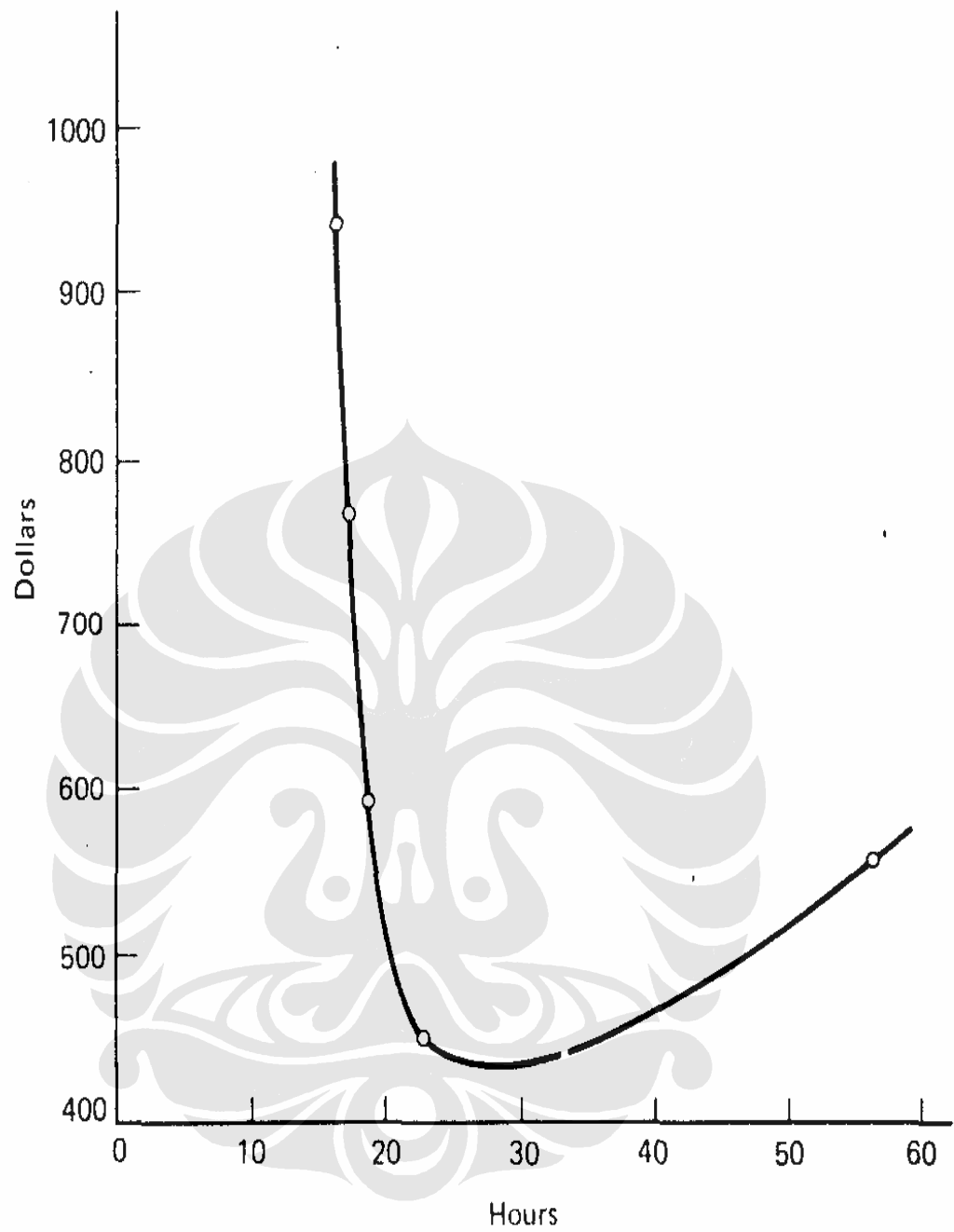
⁴² Harris, Robert B., 1978, *Precedence and Arrow Network Technique For Construction*, John Wiley & Sons, New York, hal 190

2.4.2.2 Konsep Hubungan Antara Waktu Dan Biaya Pada Suatu Aktivitas⁴³

Seperti telah dijelaskan pada sub-bab 2.4.2.1 bahwa terdapat hubungan antara durasi suatu aktivitas dan biaya pelaksanaan. Penjelasan tersebut menggambarkan secara garis besar konsep dasar hubungan tersebut. Agar dapat dilakukan analisis beberapa asumsi yang berhubungan dengan kurva biaya dan waktu harus dibuat.

Asumsi yang pertama adalah pada setiap aktivitas terdapat hubungan biaya dan waktu. Asumsi yang kedua adalah perubahan biaya dan waktu bersifat linear. Penerapan asumsi – asumsi tersebut diilustrasikan pada gambar 2.2, dimana terdapat potongan kurva diantara titik biaya minimum yang mewakili dua pekerja dan titik biaya teratas yang mewakili lima pekerja. Garis lurus antara dua titik ini dapat digunakan untuk menggambarkan hubungan biaya dan waktu tanpa banyak kesalahan. Sehingga dapat disimpulkan bahwa ini adalah kasus yang khas dan konsep ini dapat diperluas untuk semua aktivitas.

⁴³ Harris, Robert B., 1978, *Precedence and Arrow Network Technique For Construction*, John Wiley & Sons, New York, hal 195 - 201



Gambar 2.2 Hubungan Waktu dan Biaya⁴⁴

⁴⁴ Harris, Robert B., 1978, *Precedence and Arrow Network Technique For Construction*, John Wiley & Sons, New York, hal 194

Asumsi bahwa biaya berubah secara linear dari titik normal menuju titik *crash* memungkinkan untuk ditentukannya slope biaya untuk setiap aktivitas. Yang jika diekspresikan secara matematis sebagai⁴⁶ :

$$S = \frac{CC - CN}{TN - TC} = \frac{\Delta C}{\Delta T}$$

Dimana ;

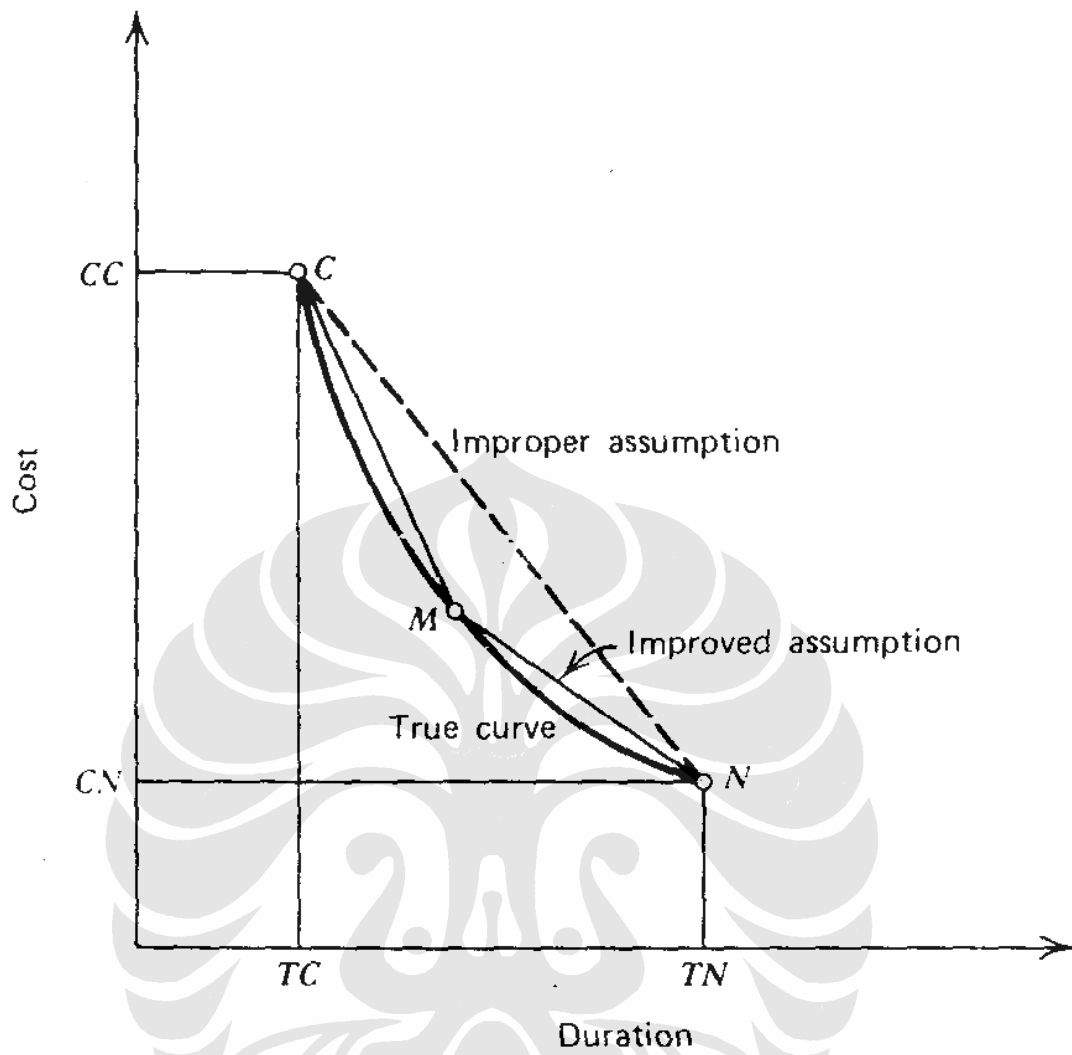
S : Slope Biaya (*Cost Slope*)

ΔC : Total Perubahan Biaya

ΔT : Total Perubahan Waktu

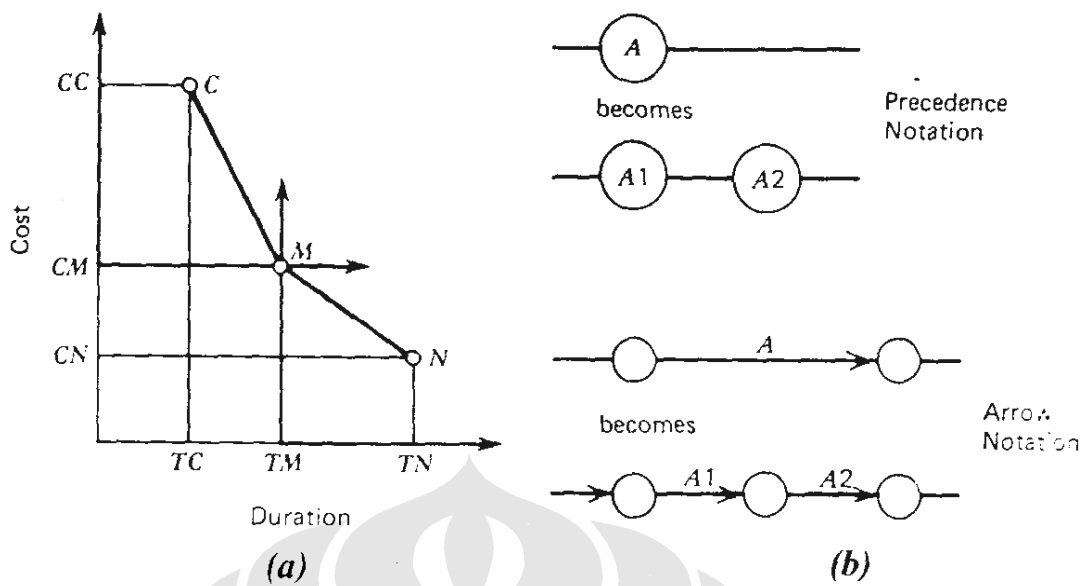
Adakalanya kurva waktu – biaya pada suatu aktivitas berubah tidak sesuai dengan asumsi yang bersifat linear. Sehingga aktivitas dapat diganti dengan aktivitas semu (*pseudoactivities*), sehingga kemiringan kurva tetap bersifat linear tanpa banyak kesalahan. Gambar 2.4 dan 2.5 mengilustrasikan kasus tersebut.

⁴⁶ Harris, Robert B., 1978, *Precedence and Arrow Network Technique For Construction*, John Wiley & Sons, New York, hal 196

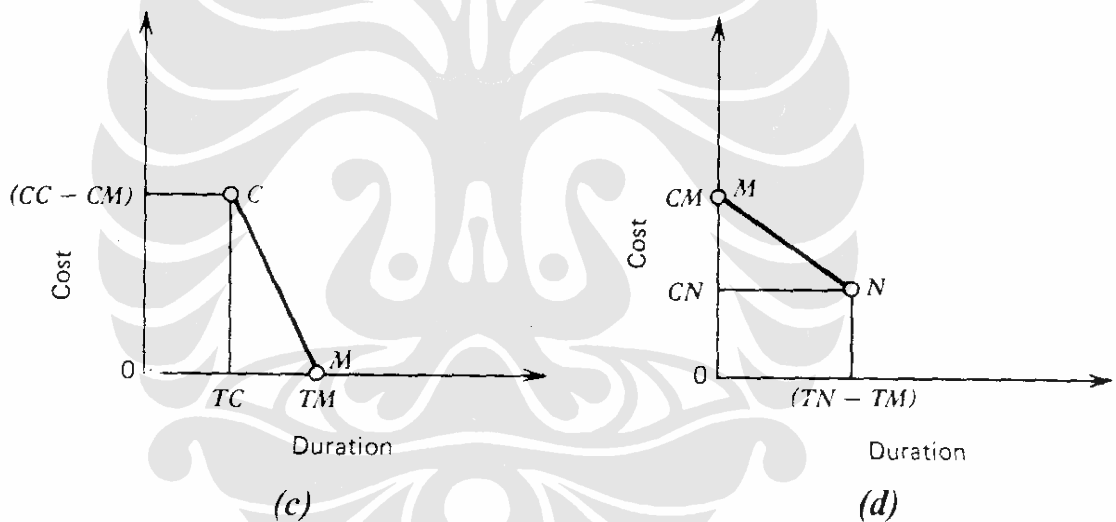


Gambar 2.4 Pembuatan Potongan kurva linear waktu-biaya⁴⁷

⁴⁷ Harris, Robert B., 1978, *Precedence and Arrow Network Technique For Construction*, John Wiley & Sons, New York, hal 198



(a) Activity A (b) Pseudoactivities



(c) Activity A1 (d) Activity A2

$$S_{A1} = \frac{CC - CM}{TM - TC}$$

$$S_{A2} = \frac{CM - CN}{TN - TM}$$

Gambar 2.5 Potongan kurva linear waktu-biaya⁴⁸

⁴⁸ Harris, Robert B., 1978, *Precedence and Arrow Network Technique For Construction*, John Wiley & Sons, New York, hal 199

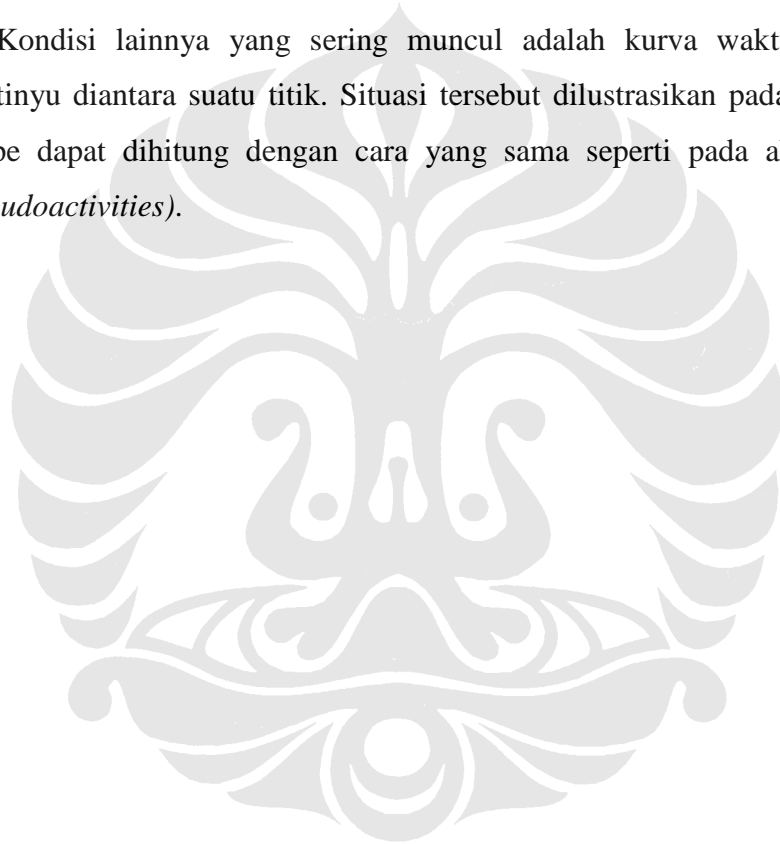
Berdasarkan ilustrasi pada gambar 2.5 maka slope biaya untuk masing – masing aktivitas menjadi ⁴⁹;

$$S_{A1} = \frac{CC - CM}{TM - TC}$$

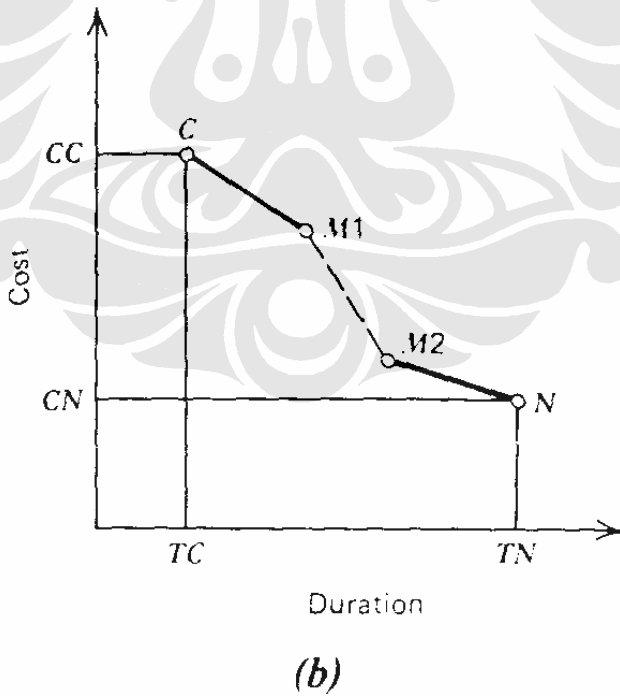
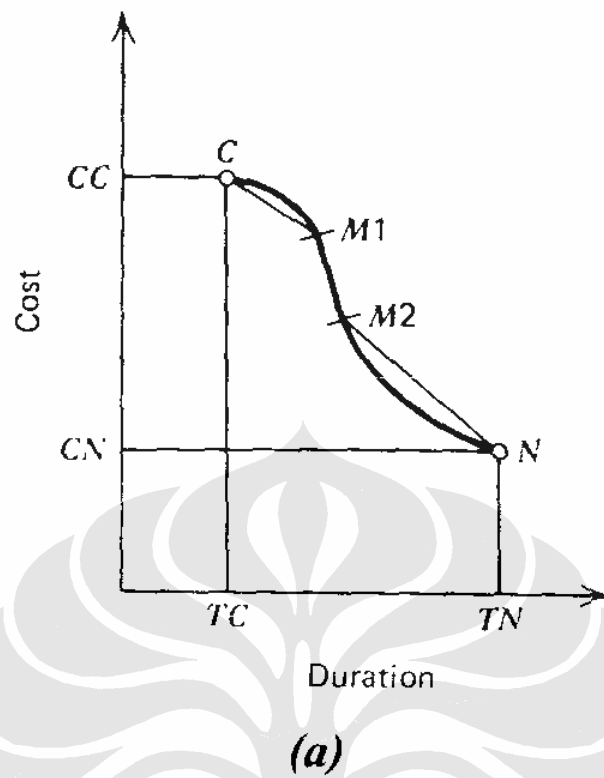
dan

$$S_{A2} = \frac{CM - CN}{TN - TM}$$

Kondisi lainnya yang sering muncul adalah kurva waktu-biaya tidak kontinyu diantara suatu titik. Situasi tersebut dilustrasikan pada gambar 2.6, Slope dapat dihitung dengan cara yang sama seperti pada aktivitas semu (*pseudoactivities*).



⁴⁹ Harris, Robert B., 1978, *Precedence and Arrow Network Technique For Construction*, John Wiley & Sons, NewYork, hal 199



Gambar 2.6 Perubahan kurva waktu-biaya⁵⁰

⁵⁰ Harris, Robert B., 1978, *Precedence and Arrow Network Technique For Construction*, John Wiley & Sons, New York, hal 200

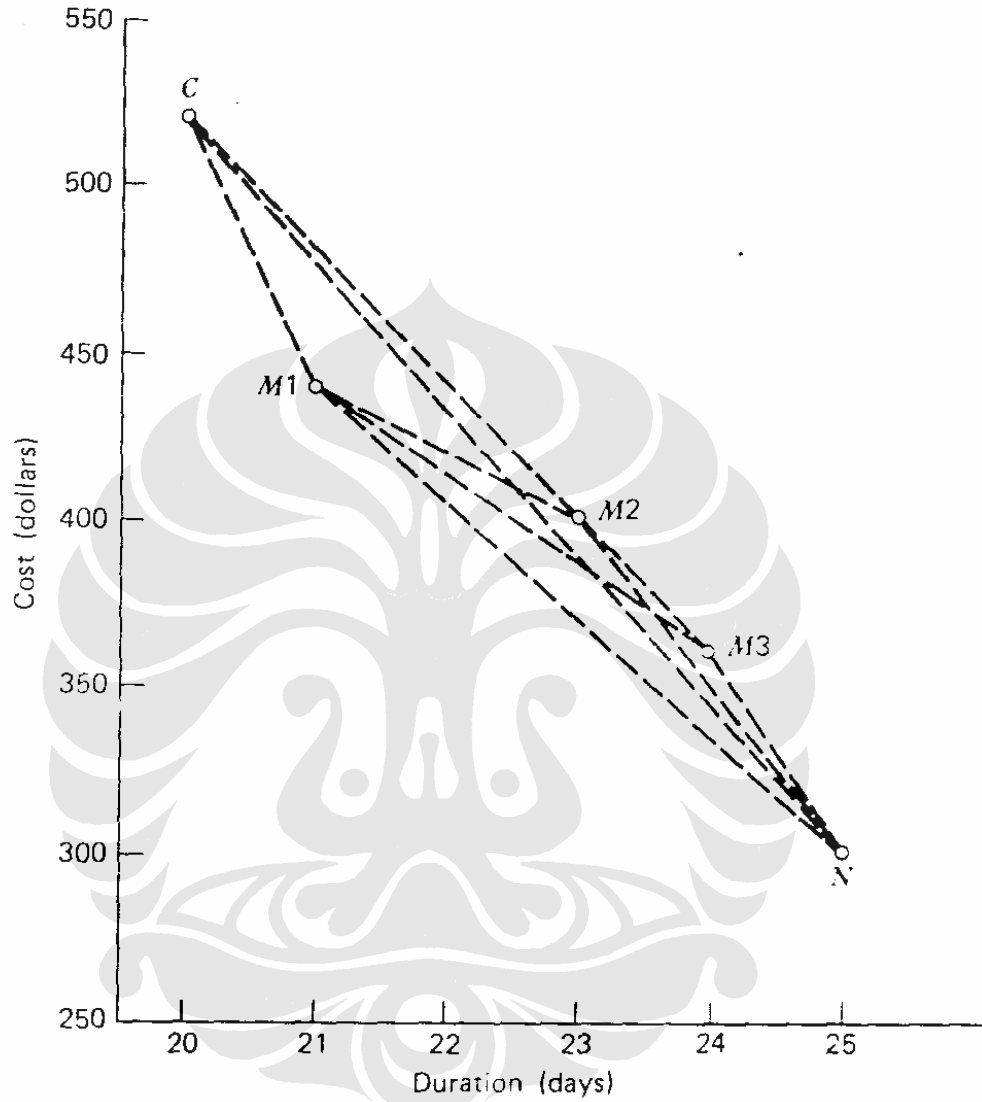
Hubungan waktu dan biaya tidak selalu diwakili dengan kurva yang kontinu antara titik normal dan titik crash. Sebagai gantinya dapat digunakan rangkaian titik waktu-biaya diskrit dengan kemungkinan waktu dan biaya yang tidak real pada titik – titik peralihan tersebut. Untuk mengilustrasikan hal tersebut digunakan contoh sebagai berikut :

Tabel 2.2 Aktivitas dengan waktu-biaya yang bernilai diskrit⁵¹

Duration Times and Costs for an Activity with Discrete Time-Cost Values		
Point	Duration Time	Cost
C	20 days	\$520
M1	21	440
M2	23	400
M3	24	360
N	25	300

⁵¹ Harris, Robert B., 1978, *Precedence and Arrow Network Technique For Construction*, John Wiley & Sons, New York, hal 200

Waktu dan biaya diskrit untuk sebuah aktivitas pada tabel 2.2 diplotkan pada gambar 2.7 sebagai berikut :



Gambar 2.7 Aktivitas dengan waktu-biaya yang bernilai diskrit⁵²

⁵²Harris, Robert B., 1978, *Precedence and Arrow Network Technique For Construction*, John Wiley & Sons, New York, hal 200

Lima titik yang telah dihubungkan dengan garis putus – putus mengindikasikan bahwa slope – slope dapat di hitung untuk setiap perubahan dari satu titik ketitik yang lainnya. Tabel 2.3 menyajikan informasi tersebut dalam bentuk matriks slope biaya.

Tabel 2.3 Matriks Slope Biaya⁵³

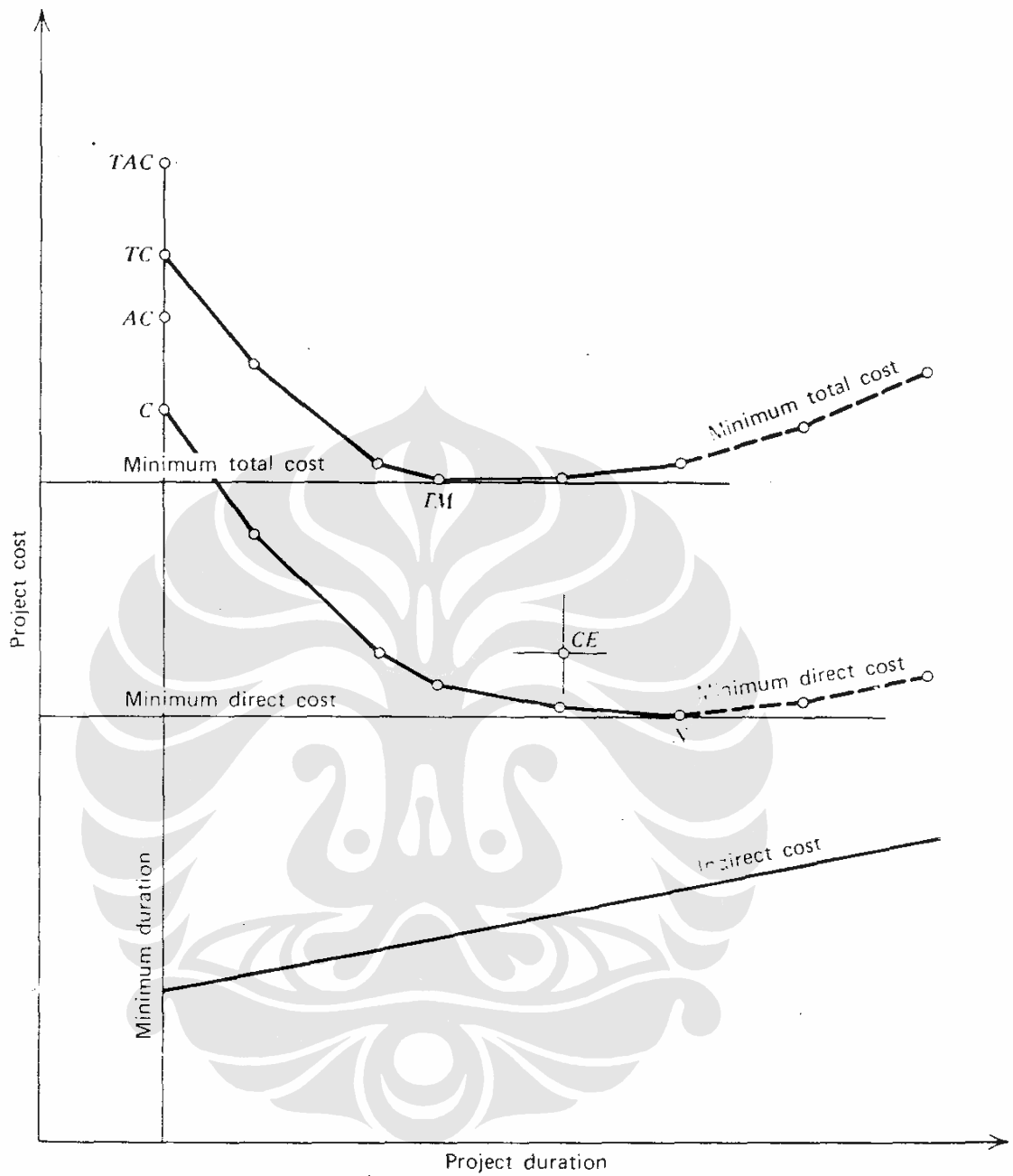
		To					
		C	M1	M2	M3	N	
FROM	Points						
	Days	20	21	23	24	25	
	C	20	0	-80	-40	-40	-44
	M1	21	80	0	-20	-26.7	-35
	M2	23	40	20	0	-40	-50
	M3	24	40	26.7	40	0	-60
N	25	44	35	50	60	0	

2.4.2.3. Konsep Hubungan Antara Waktu Dan Biaya Pada Suatu Proyek⁵⁴

Seperti yang telah dijelaskan pada sub-bab 2.4.1. bahwa biaya total proyek merupakan penjumlahan dua kategori biaya yaitu biaya langsung (*direct cost*) dan biaya tak langsung (*indirect cost*), hubungan kedua biaya tersebut dengan durasi diilustrasikan pada gambar 2.8.

⁵³ Harris, Robert B., 1978, *Precedence and Arrow Network Technique For Construction*, John Wiley & Sons, New York, hal : 201

⁵⁴ Harris, Robert B., 1978, *Precedence and Arrow Network Technique For Construction*, John Wiley & Sons, New York, hal : 202



Gambar 2.8 Hubungan Waktu dan Total Biaya Proyek⁵⁵

⁵⁵ Harris, Robert B., 1978, *Precedence and Arrow Network Technique For Construction*, John Wiley & Sons, New York, hal : 202

Dari gambar 2.8 terlihat bahwa secara umum *indirect cost* menurun seiring dengan percepatan durasi jadwal sedangkan *direct cost* meningkat seiring dengan percepatan durasi waktu. Sehingga total biaya proyek minimum muncul pada durasi proyek dimana *slope* dari kurva *indirect cost* dan *direct cost* sama atau setara. Jika kondisi tersebut tidak dapat dicapai maka titik minimum akan muncul ketika *slope* dari total cost berubah dari negatif ke positif.

2.5. Penjadualan Proyek

Penjadualan proyek memegang peranan penting dalam suatu proses pelaksanaan konstruksi, aktivitas-aktivitas yang telah direncanakan berjalan sesuai tahapan dan durasinya. Penjadualan ini juga berfungsi untuk mengevaluasi *progress* dari pekerjaan tersebut

2.5.1. Pengertian Penjadualan Proyek

Penjadualan proyek berhubungan dengan daftar waktu dan penentuan tanggal dimana beberapa sumber daya seperti SDM dan peralatan kerja bersama – sama dalam melaksanakan kegiatan yang diperlukan untuk menyelesaikan keseluruhan proyek dan merupakan landasan dari sistem perencanaan dan penjadualan.⁵⁶

Kegiatan penjadualan menyatu padukan informasi dari beberapa aspek proyek, termasuk didalamnya perkiraan durasi kegiatan, hubungan antar kegiatan, batasan yang ditimbulkan oleh ketersediaan sumber daya dan budget dan jika perlu *deadline* kegiatan. Kesemua informasi inilah yang nantinya akan diproses menjadi jadwal kerja yang dapat diterima.⁵⁷

2.5.2 Optimasi dalam penjadwalan proyek

Kegiatan didalam sebuah proyek erat kaitannya dengan optimasi, dimana optimasi bertujuan untuk mengefektifkan sumberdaya yang ada sehingga

⁵⁶ Shtub, A., Globerson, S., Band, J.f., Project Management : Engrg, Tech, and Imple., Prentice Hall, Ney Jersey, 1994. hal. 301

⁵⁷ Shtub, A., Globerson, S., Band, J.f., Project Management : Engrg, Tech, and Imple., Prentice Hall, Ney Jersey, 1994. hal. 302

pelaksanaan proyek dapat mencapai tujuan akhirnya dan mengatasi *constraint* yang ada (mutu, waktu, dan biaya). Pada umumnya kegiatan optimasi dalam sebuah proyek dapat dikategorikan ke dalam tiga bagian, yaitu:

1. Optimasi sumber daya
2. Optimasi biaya
3. Optimasi waktu

Ketiga bagian optimasi tersebut sering terkait satu dengan yang lainnya, baik dalam tahap perencanaan dan juga penjadualan. Untuk melakukan optimasi terdapat berbagai macam metoda, salah satu metoda yang umum dipakai yaitu metoda *least-cost*.

2.6 *Least-cost*

Metode ini pada dasarnya mengkaji hubungan antara waktu selesainya suatu bagian pekerjaan dengan biaya proyek. Tujuan utama dari *least-cost* atau sering disebut juga *minimum-cost project scheduling* menurut Brian J Dregar adalah⁵⁸:

- Meyakinkan klien
- Meningkatkan cara pencapaian mutu
- Mencapai batas waktu yang telah ditentukan
- Mengendalikan pengeluaran biaya
- Mengembangkan *minimum-cost schedule* sesuai dengan permintaan klien dan komitmen proyek.

Dalam metode *least-cost*, hubungan antara waktu dan kegiatan (durasi) dengan biaya langsung dan tidak langsung yang akan terjadi dihubungkan sehingga pada akhirnya dengan mengurangi atau menambah waktu pelaksanaan proyek (dengan mengurangi durasi dari kegiatan kritis) akan didapat harga pelaksanaan proyek yang paling rendah

⁵⁸ Brian J Dregar, *Project Management : Effective Scheduling* (New York: Van Wastrand ,1992)

2.6.1 Tahapan Deterministik Dengan *Least Cost Scheduling*

Least Cost Scheduling adalah prosedur yang didasarkan pada sifat – sifat deterministik yang akan menghasilkan durasi proyek yang paling singkat dengan biaya paling minimum yang masih memungkinkan.

Pada metode ini jaringan kerja CPM (*critical path method*) atau PDM (*precedence diagram method*) dapat digunakan untuk menganalisis masalah tersebut, yaitu dengan memperkirakan⁵⁹ :

- Jadwal yang ekonomis bagi suatu proyek, yang didasarkan atas biaya langsung untuk mempersingkat waktu penyelesaian komponen – komponennya ;
- Jadwal yang optimal dengan memperhatikan biaya langsung (*direct cost*) dan tidak langsung (*indirect cost*)

Untuk menganalisis lebih lanjut hubungan antara waktu dan biaya suatu kegiatan, dipakai definisi sebagai berikut⁶⁰ :

1. Waktu normal : adalah waktu yang diperlukan untuk melakukan kegiatan sampai selesai, dengan cara yang efisien tetapi diluar pertimbangan adanya kerja lembur, seperti menyewa peralatan canggih.
2. Biaya normal : adalah biaya langsung yang diperlukan untuk menyelesaikan kegiatan dengan waktu normal.
3. Waktu dipersingkat (*crash time*) : Adalah waktu dipersingkat yang secara teknis masih memungkinkan.
4. Biaya untuk waktu dipersingkat (*crash cost*) : Adalah jumlah biaya langsung untuk menyelesaikan pekerjaan dengan waktu yang dipersingkat.

Berdasarkan definisi – definisi tersebut maka diterapkan prosedur *least cost scheduling*⁶¹ :

1. Menghitung waktu penyelesaian proyek dengan CPM memakai kurun waktu normal.
2. Menghitung biaya normal masing – masing kegiatan.

⁵⁹ Soeharto, Iman, 1995, *Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional*, Erlangga, Jakarta, hal : 213.

⁶⁰ Soeharto, Iman, 1995, *Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional*, Erlangga, Jakarta, hal : 214

⁶¹ Soeharto, Iman, 1995, *Manajemen Proyek : Dari Konseptual Sampai Operasional*, Erlangga, Jakarta, hal : 219 - 220.

3. Menentukan biaya dipercepat masing – masing kegiatan
4. Menghitung slope biaya masing – masing komponen kegiatan.
5. Mempersingkat kurun waktu kegiatan, dimulai dari kegiatan kritis yang mempunyai *slope* biaya terendah.
6. Bila dalam proses mempercepat waktu proyek terbentuk jalur kritis baru, maka percepatan kegiatan – kegiatan kritis yang mempunyai kombinasi slope biaya terendah.
7. Meneruskan mempersingkat waktu kegiatan sampai titik proyek dipercepat.
8. Buat tabulasi biaya versus waktu, gambarkan dalam grafik.
9. Hitung biaya tidak langsung proyek dan masukan kedalam grafik.
10. Jumlahkan biaya langsung dan biaya tak langsung untuk mendapatkan biaya total.
11. Periksa pada grafik biaya total untuk mencapai waktu optimal, yaitu kurun waktu penyelesaian proyek dengan biaya terendah.

2.7 Penelitian terdahulu yang relevan :

Penelitian-penelitian ini merupakan beberapa penelitian yang relevan terhadap penelitian yang dikerjakan oleh penulis, diantaranya :

1. Simulasi waktu dan biaya pada konstruksi *pier* pada jalan layang Suprpto Jakarta oleh Budiono (2006).

Penelitian ini berisi bahwa berdasarkan hasil informasi pada proyek-proyek sebelumnya bahwa sering terjadi keterlambatan yang menyebabkan peningkatan biaya proyek, gangguan pada lingkungan sekitar, dan mengurangi *performance* kontraktor. Hal ini dapat terjadi bila keterlambatan terjadi pada kegiatan-kegiatan yang berada di lintasan kritis. Dalam melakukan percepatan waktu pada pekerjaan pier (misalnya pada *sub-item* pekerjaan pier seperti *bored pile*) mengalami keterlambatan, usaha pertama yang dapat dilakukan adalah melakukan percepatan waktu pada pekerjaan kritis yang sedang dilaksanakan, dengan metoda yang menyebabkan penambahan biaya seminimal mungkin.

2. Optimasi jadwal dan biaya pada proyek konstruksi dengan pemrograman metode *least cost* oleh Paulus Charles I (2002).

Penelitian ini berisi bahwa pihak pelaksana proyek pada pelaksanaannya akan sering mengkaji ulang jadwal pekerjaan proyek agar didapatkan waktu kerja yang lebih sesuai dan pada akhirnya akan berdampak pada biaya yang dikeluarkan, untuk mengkaji ulang jadwal tersebut, pihak kontraktor biasanya menggunakan metode biaya terendah atau metode *least cost*.

Perangkat lunak yang dihasilkan berfungsi untuk membantu *user* dalam menghitung data-data kegiatan proyek seperti *early start*, *late start*, *float*, *slope*, menentukan tingkat kekritisian dari suatu kegiatan juga melakukan perhitungan ulang data-data kegiatan diatas bila pengguna melakukan *crashing*.

3. Optimasi biaya dalam upaya mempercepat waktu pelaksanaan proyek konstruksi dengan menggunakan *software Lingo* oleh Rita Tedjaatmadja (2001).

Penelitian ini menjelaskan bahwa upaya memperpendek waktu akan meningkatkan biaya langsung proyek karena adanya kebutuhan penambahan sumber daya, seiring dengan penurunan biaya tidak langsung. Penjumlahan kedua komponen biaya tersebut merupakan biaya total proyek. Biaya optimal merupakan biaya total proyek minimum.

2.8 Kesimpulan

Kesimpulan yang dapat diambil dari bab dua ini adalah bahwa keterlambatan suatu pekerjaan proyek akan berdampak pada waktu dan biaya yang telah direncanakan. Untuk mengembalikan kondisi keterlambatan menjadi lebih baik, diperlukan suatu upaya optimalisasi dalam penjadualan proyek.

Dalam mengoptimalkan penjadualan proyek diperlukan pengoptimalan sumber daya, yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap biaya, khususnya biaya langsung.